

## Aplicación de la caracterización eléctrica al estudio de las fases hidratadas de cemento con adición de escorias de centrales térmicas

E. MENÉNDEZ<sup>1</sup>, J. DE FRUTOS<sup>2</sup>, A. M. ALVARO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IETcc-CSIC. C/ Serrano Galvache 4, 28033. Madrid

<sup>2</sup> POEMMA-CEMDATIC. ETSI Telecomunicación-UPM. Avda Complutense, 30. 28040 Madrid

En este trabajo, se estudia la evolución desde su inicio de las fases de hidratación de materiales cementicios a los que se incorporan cenizas volantes y escorias procedentes de centrales térmicas. Mediante medidas de espectroscopía de impedancia eléctrica (EIS), y de difracción de rayos X (XRD), se analiza el proceso desde la etapa inicial visualizando los cambios que se producen. Se consideran diferentes elementos de sustitución y se determina para cada uno de ellos cuando se inician los procesos, cuando se completan y los cambios que sufren durante el mismo. Se relacionan los valores de EIS con los de DRX para determinar las fases que se transforman, y se indica para cada sustitución como se modifica la transformación de las fases en función del tiempo y en comparación con el material de referencia. Se pone de manifiesto que la utilización de EIS, trabajando en función de la frecuencia y con los parámetros eléctricos adecuados es una herramienta muy potente para hacer el seguimiento a tiempo real de estos procesos.

*Palabras clave:* ceniza de fondo, propiedades químicas, microestructura, proceso de hidratación.

### Application of the electrical characterization to the study of the hydrated phases of the cement with coal bottom ash

The present paper investigates the influence of using Bottom and Fly Ash as partial replacement of cement in the hydration process. Through measurements of electrical impedance spectroscopy (EIS) and X-ray diffraction (XRD), we analyze from the early stages to the hydration process to the end. Values of EIS, XRD and its relation, are used to determine transformation of hydrated phases, and for each of the substitutions, is indicated as modified the hydrated phase as a function of time and compared it with the reference material. It also proves the relevance of using EIS measures in real time, and as non-destructive testing to characterize the hydration process of these materials.

*Keywords:* bottom ash, chemical properties, microstructure, electrical characterization, hydration process.

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas medioambientales asociados a las centrales térmicas a nivel mundial, es el aumento de los residuos totales, especialmente cuando el carbón que se utiliza como combustible es de baja calidad, no sólo por el problema de almacenamiento de dichos residuos, sino de manera especial por los problemas medioambientales y de salud. Los residuos producidos se dividen en cenizas volantes ((FA) del inglés Fly Ash) y escorias ((BA), del inglés Bottom Ash). Aproximadamente, el 80 % de estos residuos corresponden a las FA, que están constituidas por partículas finas que permanecen en suspensión en las corrientes de aire. Por su parte, las BA corresponden aproximadamente al 20 % de estos residuos, y están formados por partículas grandes que se depositan en la base del horno, y que son debidas a restos de fusión, aglomerados, vitrificados [1-2]. Ambos tipos de residuos contienen trazas metálicas que pueden diluirse en agua y contaminar los ecosistemas acuáticos [3]. En 2009 en Europa, se generaron más de 41 millones de toneladas de

cenizas y escorias de carbón, y de estos, aproximadamente la mitad se arrojaron a vertederos [4]. Esto genera un importante problema medioambiental al que se le están buscando soluciones con aprovechamiento de mejora en diferentes sectores. La utilización de las FA como adiciones a materiales en base cemento ((SMC) Supplementary Cementitious Material) se presenta como una potencial aplicación alto valor añadido de los mismos y de alto interés medioambiental [5] que podría mejorar las propiedades del cemento, y reduciría tanto el consumo de materias primas como la emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de fabricación del cemento.

Por el contrario, las BA hasta el momento no han sido considerados como potenciales SMC con alto valor añadido en la industria de la construcción. El BA, o bien se elimina o bien se utiliza como sustituto de bajo costo para los áridos o arena en la producción de bloques de hormigón, o en otros países, como sustrato en la construcción de carreteras [1-2]. Sin embargo, este punto de vista ha ido cambiando en los últimos